

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2019.06.011

1995—2016年深圳市用水量变化与节水潜力分析

曹士圯¹, 胡庆芳¹, 蒋思佳², 王银堂¹, 朱晓庆², 刘勇¹

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;

2. 深圳市水务局, 广东 深圳 518036)

摘要: 基于1995—2016年深圳市用水量和用水效率指标, 分析了1995—2016年全市用水总量和分行业用水量的变化特征, 解析了影响用水量变化的主要驱动因素, 并对工业、城市公共服务和居民生活节水潜力进行了评估。结果表明: 1995年以来深圳用水总量变化可分为1995—2008年和2008—2016年两个阶段, 前一阶段用水总量随经济社会发展持续快速增长, 后一阶段随着产业结构的调整和用水效率的提升, 全市用水总量增速显著降低, 呈波动缓慢上升的特征; 深圳市经济规模的持续扩张对用水总量具有显著的正向驱动作用, 但产业结构的调整和用水效率的提升明显抑制了用水量的过快增长, 且近年对用水效率的抑制作用更为突出; 当前深圳市用水效率已处于较先进水平, 但仍需进一步提升用水效率, 目标年(2020年)全市可挖掘的节水潜力为2.518亿m³, 约相当于2016年用水总量的13%。

关键词: 用水总量; 用水效率; 驱动因素; 节水潜力; 深圳市

中图分类号: TV213.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-6933(2019)06-0076-06

Analysis of water consumption change from 1995 to 2016 and water saving potential in Shenzhen City // CAO Shiyi¹, HU Qingfang¹, JIANG Sijia², WANG Yintang¹, ZHU Xiaoping², LIU Yong¹ (1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Shenzhen Water Resources Bureau, Shenzhen 518036, China)

Abstract: Based on the indicators of water consumption and water use efficiency in Shenzhen from 1995 to 2016, this paper analyzed the change characteristics of total water consumption and water consumption by industries in Shenzhen from 1995 to 2016, analyzed the main driving factors affecting the change of water consumption, and evaluated the water saving potential of industry, urban public services and residents. The results show that the total water use in Shenzhen since 1995 can be divided into two stages: 1995—2008 and 2008—2016. In the first stage, the total water use continued to grow rapidly with the economic and social development. In the second stage, with the adjustment of industrial structure and the improvement of water use efficiency, the growth rate of the total water use in Shenzhen decreased significantly, showing a slow rise in fluctuation. The continuous expansion of Shenzhen's economic scale has a significant positive driving effect on the total water consumption, but the adjustment of industrial structure and the improvement of water use efficiency have obviously inhibited the excessive growth of water consumption, and the inhibition of water use efficiency is more prominent in recent years. At present, the water use efficiency of Shenzhen is at a relatively advanced level, but it is still further improved. In 2020, the water saving potential in Shenzhen is 245 million m³, about 13% of the total water consumption in 2016.

Key words: total water consumption; water use efficiency; driving factors; water saving potential; Shenzhen City

改革开放以来,我国城镇化快速发展,然而全国面临资源性或水质性缺水的城市高达273个,水资源短缺已成为制约我国城市可持续发展的重要因

素^[1-2]。因此,城市供用水指标变化和城市节水潜力的研究在近年引起了学术界的重视,如梁园等^[3]研究了广州市1981—2010年的用水总量与经济增长、

基金项目:水利部技术示范项目(SF-201803)

作者简介:曹士圯(1993—),男,硕士研究生,研究方向为水文水资源。E-mail: caoshiyi@live.com

通信作者:胡庆芳,高级工程师。E-mail: hqf_work@163.com

城市化的关系及其内在原因,发现目前广州市用水总量仍处于随经济增长和城市化发展而增加的阶段;Zhang 等^[4]为分析干旱区城市的用水特征及影响因素,以乌鲁木齐为对象,分析了其用水量的变化特征,通过对数均值迪氏指数(LMDI)分解发现经济增长和用水强度是用水量变化的主导因素;Habibi 等^[5]采用了基于数据包络分析(DEA)的效率度量方法,对伊朗的大城市用水进行了分析,发现德黑兰的用水效率评分最高,废水处理与回用显著提升了城市用水效率;宋国君等^[6]构建了城市节水潜力系数的统计学模型,评估了我国地级以上城市的节水潜力,发现城市生活节水渐入瓶颈期,但工业节水仍存在一定的空间。对于用水特征和节水潜力,现有研究大多仅从一个角度进行分析。若将二者结合,在用水量和用水效率分析的基础上对城市节水潜力做出合理估计,将对城市节水管理提供更科学的指导意见。

深圳位于珠三角地区,是我国第一个经济特区。经过短短 30 余年,深圳由一个渔村发展成为我国最重要的经济中心城市之一。2017 年深圳市 GDP 达 22 490.06 亿元,常住人口达 1 252.83 万,人均 GDP 居我国内地非直辖市首位^[7]。然而,深圳也是我国水资源严重短缺的城市之一,本地人均水资源量仅 174 m³,且时程分布不均、可调控性差,故长期以来严重依赖境外调水来满足用水需求,水资源短缺与水环境恶化已成为制约城市向更高阶段发展的重要因素之一^[8-11]。为此,本文分析了 1995—2016 年深圳市用水总量及分行业用水量的变化特征,解析了用水量变化的主要驱动因素,在此基础上进一步评估了深圳市节水潜力,并提出了挖掘节水潜力的建议。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

本文所用资料主要有用水指标和社会经济指标两类。用水指标数据包括用水总量、行业用水量,来自深圳市历年的水资源公报;社会经济资料主要为人口、GDP、行业产值等,来自深圳市历年的统计年鉴。收集的数据包括 1995—2016 年深圳市用水总量数据和同期的人口、GDP 数据以及 1998—2016 年深圳市行业产值与用水量数据,并通过行业用水量和社会经济指标计算得到 1998—2016 年深圳市行业用水效率指标。

1.2 研究方法

1.2.1 用水量变化及成因分析方法

城市用水量变化的研究通常从用水总量和行业用水量两个角度分析,分别反映一个城市的总体用水情况和用水结构特征。城市用水量与水资源条

件、人口和经济规模、产业结构、生产水平、用水习惯、水资源管理制度等一系列因素相关,不同城市的水资源开发利用条件、经济社会发展模式不同,用水量变化的主导因素也不同^[12-13],可采用因素分解模型分析用水量变化的影响因素。因素分解模型多由经典 IPAT 等式^[14]拓展而来,在能源领域已有广泛运用,近年来开始应用于水资源相关研究^[15-16]。常用的分解分析方法有结构分解分析(structural decomposition analysis,SDA)和指数分解分析(index decomposition analysis,IDA)两种。考虑科学性和易解释性,本文选用改进的结构分解分析法^[17]。设 G 为 GDP、 S 为产业结构向量(其元素为各部门增加值占 GDP 的比重)、 E 为用水效率向量(其元素为各部门单位增加值用水量),则产业用水量可表示为三者内积。以下标 0、 t 分别表示 0 时期与 t 时期,则 0 到 t 时期的产业用水量变化 $\Delta W = G_t S_t \cdot E_t - G_0 S_0 \cdot E_0$,并可分解为

$$\Delta W = G_t (S_t - S_0) \cdot E_t + G_t S_0 \cdot (E_t - E_0) + (G_t - G_0) S_0 \cdot E_0 \quad (1)$$

式中: $S_t - S_0$ 为产业结构的变化,其所在的右侧第 1 项反映因产业结构变化而导致的用水量变化,称之为结构效应,以 t 时期用水效率为基础计算; $E_t - E_0$ 为各部门单位增加值用水量的变化,其所在的右侧第 2 项反映因用水效率提升而导致的用水量变化,称之为技术效应,以 0 时期的产业结构为基础进行计算; $G_t - G_0$ 为 GDP 的变化,其所在的右侧第 3 项反映单纯由经济规模扩大而导致的用水量变化,称之为规模效应。变换结构效应和技术效应的参考基础,可得第 2 种分解:

$$\Delta W = G_t (S_t - S_0) \cdot E_0 + G_t S_t \cdot (E_t - E_0) + (G_t - G_0) S_0 \cdot E_0 \quad (2)$$

式中结构效应以 0 时期的用水效率为基础计算,技术效应以 t 时期的产业结构为基础计算。综合式(1)和式(2)可得:

$$\Delta W = \frac{1}{2} G_t (S_t - S_0) \cdot (E_t + E_0) + \frac{1}{2} G_t (S_t + S_0) \cdot (E_t - E_0) + (G_t - G_0) S_0 \cdot E_0 \quad (3)$$

式中右侧 3 项分别对应结构效应、技术效应、规模效应。与式(1)和式(2)相比,式(3)含义更为明确,综合考虑了 0 时期和 t 时期的产业结构和用水效率,使得分解结果更为合理。因调整方向不同,结构效应与技术效应可正可负,而经济规模扩大导致用水量增加,故规模效应恒为正值。

1.2.2 节水潜力估计方法

节水潜力是指城市各部门、各行业通过综合节水措施所能达到的预期用水量与实际用水量的差

值^[18-22]。选定现状年和目标年后,节水潜力估计的关键在于确定目标年的相关用水指标,通常有3种方法:一是参考城市发展规划中相关指标的目标值,二是与国内外产业结构相仿或用水效率较高的城市和地区对比确定,三是结合近年来用水效率指标的变化趋势来确定。本文主要分析深圳市在工业、城市公共服务业(建筑业及第三产业,下同)和居民生活三方面的节水潜力,具体方法如下:

a. 工业节水潜力。工业节水潜力主要考虑产业结构调整、生产技术升级及循环用水等因素导致的万元工业增加值用水量降低,计算公式如下:

$$\Delta W_I = G_I(I_0 - I_t)/10\,000 \quad (4)$$

式中: ΔW_I 为工业节水潜力,亿 m^3 ; G_I 为目标年工业增加值,亿元; I_0 、 I_t 分别为现状年和目标年的万元工业增加值用水量, m^3 。

b. 城市公共服务业节水潜力。城市公共服务业节水潜力考虑城市供水管网改造、节水管理等因素带来的建筑及服务用水定额下调,可通过万元城市公共服务业增加值计算:

$$\Delta W_D = G_D(D_0 - D_t)/10\,000 \quad (5)$$

式中: ΔW_D 为城市公共服务业节水潜力,亿 m^3 ; G_D 为目标年公共服务业增加值,亿元; D_0 、 D_t 分别为现状年和目标年的万元城市公共服务业增加值用水量, m^3 。

c. 居民生活节水潜力。深圳市节水型器具普及率已达100%,因此居民生活节水潜力主要考虑供水管网漏损率降低、生活用水价格调整等带来的人均居民生活用水量下降,计算公式如下:

$$\Delta W_C = P(C_0 - C_t) \times 365 \text{ d} \times 10^{-7} \quad (6)$$

式中: ΔW_C 为居民生活节水潜力,亿 m^3 ; P 为目标年人口,万人; C_0 、 C_t 分别为现状年和目标年的人均居民生活用水量, L/d 。

总节水潜力 ΔW 即为各行业节水潜力之和:

$$\Delta W = \Delta W_I + \Delta W_D + \Delta W_C \quad (7)$$

2 结果与分析

2.1 用水量变化

2.1.1 用水总量变化

用水总量是反映一个城市或区域水资源开发利用最基本的指标之一,也是最严格水资源管理制度的控制性指标之一。图1给出了1995—2016年深圳用水总量,可看出,深圳市用水总量由1995年的7.1亿 m^3 增长到2016年的19.34亿 m^3 ,增长幅度172%,年均增长率为5.04%。同时,深圳市用水总量的增长还呈现出一定的阶段特征,可依据年均增速大小以2008年为界划分为1995—2008年和

2008—2016两个阶段,其趋势线如图1所示。1995—2008年用水总量持续增长,2008年相对于1995年的增长幅度达160%,用水总量增速约为0.87亿 m^3/a ;2008—2016年深圳市用水总量增速显著减小,约为0.21亿 m^3/a ,全市用水总量表现出波动增长的态势,大致维持在18亿~20亿 m^3 之间。这说明,在深圳市快速发展的过程中,用水总量在经过一定阶段的较快增长后逐步得以控制,增速已明显放缓。

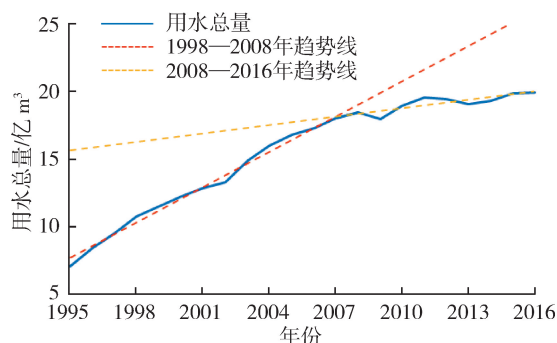


图1 1995—2016年深圳市用水总量变化

2.1.2 行业用水量变化

行业用水量是用水总量的组分,通常包括农业及生态用水、工业用水、居民生活用水、城市公共服务业用水等,不同行业用水量的相对比重能够反映一个城市的用水结构特征。图2和表1分别给出了深圳市1998—2016年行业用水量的变化及典型年份的用水结构。可见,深圳市不同行业的用水量表现出不同的变化趋势。其中,居民生活用水量一直占比最高,在1998—2008年增长速度很快,由3.46亿 m^3 增加到7.14亿 m^3 ,增幅达106%,但2009年后变化幅度减小,基本维持在7亿 m^3 左右;工业用水量占比低于居民生活用水量,在1998—2007年持续增长,但在2008年之后总体上呈减少趋势;城市公共服务业用水量在2001—2003年、2007—2009年有一定幅度波动,但整体呈增长趋势,且在2014年后超过工业用水量,占比仅次于居民生活用水量;农业及生态用水量在深圳市用水结构中占比最低,在1998—2007年显著减少,2008—2016年则变化不大。

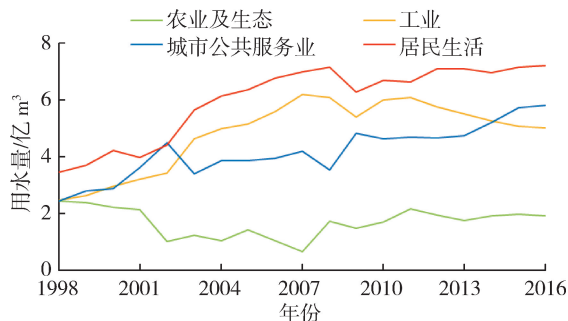


图2 1998—2016年深圳市不同行业用水量变化

表 1 典型年深圳市不同行业用水量比例				单位:%
年份	工业	城市公共服务业	居民生活	农业及生态
1998	23	22	32	23
2008	33	19	39	9
2016	25	29	36	10

2.2 用水量变化成因

城市用水量的变化往往与社会经济发展高度相关,一方面经济增长与产业发展离不开水资源的支撑,人口增长也会促使居民生活用水需求的上涨;另一方面随着产业结构调整、用水效率提升等,用水量又会得到控制甚至减少。为探究深圳市用水量变化的成因,首先分析深圳市社会经济和用水效率指标,然后通过因素分解模型对深圳市产业用水量变化的驱动因素进行解析。

图 3 给出了 1995—2016 年深圳市人口、GDP 变化过程。由于大量外来人口涌入,1995 年以来深圳市人口增长幅度达 165%,年均增长率为 4.8%;GDP 则增长了 23 倍,年均增长率为 16.0%。深圳市人口与 GDP 的增长也具有明显阶段性特征:人口以 2000 年、2010 年、2014 年为拐点呈现阶梯式增长;GDP 增长则可分为 1995—2008 年和 2009—2016 年两个阶段,后一阶段增长速度更快。

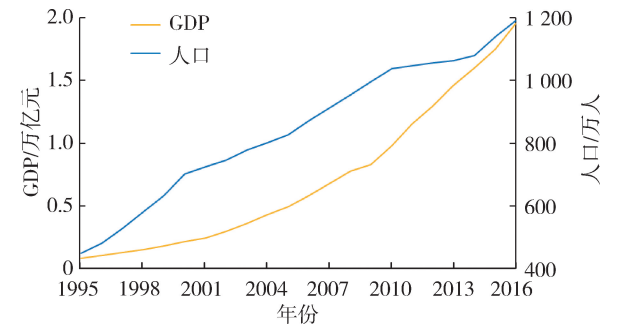


图 3 1995—2016 年深圳市人口及 GDP 变化

用水效率反映了不同部门水资源利用的集约化程度。根据深圳市用水特点计算了农业及生态、工业、城市公共服务业的万元增加值用水量和人均居民生活用水量,结果如表 2 所示。1998—2016 年深圳市万元工业增加值用水量由 39.0 m³ 下降至 6.5 m³,相对下降幅度达 83.3%。万元城市公共服务业增加值用水量 1998—2002 年在 26 m³ 左右,2003 年之后显著降低,2016 年下降至 4.7 m³,较 1998 年降低了 82.8%。人均居民生活用水量在 1998—2004 年有所增长,2005 年之后因统计口径调整而降低,2005—2016 年人均居民生活用水量整体呈下降趋势,2016 年已降至 165.6 L/d。

针对包括农业及生态、工业、城市公共服务业用水在内的深圳市产业用水,用因素分解模型分析产业用水量变化的主要驱动因素。根据式(3)对

表 2 1998—2016 年深圳市用水效率指标				
年份	万元工业 增加值 用水量/m ³	人均居民 生活用水量/ (L·d ⁻¹)	万元城市公共 服务业增加值 用水量/m ³	万元农业及 生态增加值 用水量/m ³
1998	39.0	240.0	27.4	1 601
1999	33.8	250.0	27.8	1 575
2000	30.6	267.0	23.8	1 426
2001	28.9	231.0	26.4	1 328
2002	25.6	242.0	27.8	558
2003	27.7	277.0	17.9	620
2004	24.2	282.0	17.5	738
2005	20.7	210.0	15.8	1 273
2006	19.3	220.0	13.5	1 407
2007	19.2	222.0	11.8	879
2008	16.8	204.0	8.6	1 001
2009	15.0	192.0	10.3	1 076
2010	14.2	177.0	8.3	974
2011	11.6	173.5	7.2	1 511
2012	10.5	184.2	6.1	1 349
2013	9.3	182.7	5.4	1 156
2014	7.6	176.9	5.4	1 506
2015	7.0	172.0	5.3	1 233
2016	6.5	165.6	4.7	1 272

1998—2016 年及 1998—2008 年和 2008—2016 年两个阶段深圳市产业用水量的变化进行分解,结果如表 3 所示。

表 3 不同阶段深圳市用水量变化的分解				
阶 段	结构效应/ 亿 m ³	技术效应/ 亿 m ³	规模效应/ 亿 m ³	产业用水量 变化/亿 m ³
1998—2016 年	-40.54	-41.25	87.17	5.38
1998—2008 年	-12.38	-13.93	30.35	4.04
2008—2016 年	-4.16	-11.76	17.27	1.34

从表 3 可知,不同阶段规模效应数值均为最大,表明经济快速发展、产业规模扩张始终是驱动深圳市产业用水量增长的主导因素。而结构效应和技术效应均为负值,即产业结构调整与用水效率提升驱动深圳市产业用水量减少,与规模效应的作用相互抵消。1998—2008 年,结构效应与技术效应比重仅相差 3%,说明该阶段产业结构调整 and 用水效率提升对产业用水量变化的负向驱动作用基本相当;2008—2016 年,技术效应比重已显著高于结构效应,体现出用水效率提升对产业用水量控制的作用越来越重要,而宏观产业结构调整对用水总量的控制作用已退居其次。这与深圳市行业用水效率的变化特征相符,表明近年来行业用水效率的提高已能够有效缓解经济社会发展导致的用水量增长,也是深圳市在“十二五”期间以节水引导产业结构升级、加强再生水利用、推行节水管理及节水市场机制等的结果,反映了深圳在节水型社会建设工作中取得的显著成效。

2.3 节水潜力估计

由前文可知,随着产业结构调整和用水效率提升,近年来深圳市用水总量已得到有效控制,但在城市人口和 GDP 仍然快速增长的情况下,未来用水量仍有可能增长,故深圳仍需要通过合理调整生产方式和用水行为方式,提升用水效率效益,挖掘城市节水潜力,以保障城市用水安全。本文以 2016 年和 2020 年分别作为现状年和目标年来计算深圳市节水潜力。

选取国内用水效率较高的苏州、青岛市及产业结构与深圳相近的香港、新加坡市来进行对比,结果如表 4 所示。由表 4 可知,深圳市 2016 年万元 GDP 用水量仅为全国平均值(81.0 m³)的 1/8,万元工业增加值用水量亦远低于全国平均值(52.8 m³),但高于青岛,而万元城市公共服务业增加值用水量比苏州、青岛都高,说明深圳市综合用水效率高于全国平均水平,但尚未达到国内领先水平。与产业结构相近的香港、新加坡市相比,深圳市万元 GDP 用水量则明显偏高,综合用水效率及行业用水效率均存在相当的提升空间。

表 4 不同城市 2016 年用水效率指标对比

城 市	万元 GDP 用水量/ m ³	万元工业 增加值 用水量/m ³	万元城市公共 服务业增加值 用水量/m ³	人均居民生活 用水量/ (L·d ⁻¹)
深 圳	10.2	6.5	4.7	165.6
苏 州	54.2	12.9	3.5	136.0
青 岛	9.3	5.5	1.7	93.0
香 港	4.6	3.0	1.3	199.0
新加坡	3.5			148.0

综合考虑深圳市近年来用水效率指标的变化趋势和国内外典型城市及地区的用水效率指标,并参考城市相关规划,可以给出各指标目标年的估计值,从而计算各行业的节水潜力。深圳市万元工业增加值用水量持续下降,但近年降速有所放缓,预期 2020 年降至 6.0 m³;人均居民生活用水量自 2012 年持续下降,2016 年为 165.6 L/d,年均降幅约 4.6 L/d,参考新加坡市等地相应指标值,估计 2020 年深圳市人均居民生活用水量为 148.0 L/d;人口、工业增加值、城市公共服务业增加值根据《深圳市

国民经济和社会发展规划第十三个五年规划纲要》确定,根据式(4)~(6)对各行业节水潜力做出估计,结果如表 5 所示。

综合工业、城市公共服务业和居民生活,深圳市 2020 年总节水潜力为 2.518 亿 m³。节水潜力为现状用水总量的 13%,总量十分可观。其中,城市公共服务业和居民生活的节水潜力很大,工业节水潜力相对较小,这与深圳市工业比重下降、服务业比重上升的产业结构发展趋势相符。故深圳市应采取针对性措施,通过加强城镇节水管理、完善节水支持政策、扩大节水社会监督等,大力挖掘城市公共服务业和居民生活节水潜力。

3 结 语

水资源作为城市发展的战略性经济资源,在深圳市经济社会发展中扮演了相当重要的角色。1995—2016 年,深圳市用水总量在 1995—2008 年、2008—2016 年两阶段分别呈现快速增长和波动缓升的不同特征,既在一定程度上体现了深圳市经济发展过程中产业结构调整规律,也反映出其强化用水总量控制、优化水资源优化配置、加强计划用水与定额管理等节水型社会建设措施的作用。

通过对深圳市用水量变化进行因素分解,发现经济规模的持续扩张一直是深圳市用水量增长的主导性因素,产业结构和用水效率因素则对深圳市产业用水量变化起负向驱动作用,且近年用水效率提升的影响已超过产业结构调整,对产业用水量的控制起到了更重要的作用。

深圳市综合用水效率及行业用水效率均远高于全国平均水平,但低于青岛等城市,与香港、新加坡市相比仍存在明显提升空间。经估算,目标年(2020 年)深圳市工业、城市公共服务业、居民生活的节水潜力分别为 0.455 亿 m³、1.110 亿 m³和 0.953 亿 m³,总节水潜力为 2.518 亿 m³。深圳市应进一步构建绿色生产生活方式,强化城市公共服务业用水和居民生活用水管理,持续优化产业结构、升级节水减排技术,充分挖掘城市节水潜力。

表 5 深圳市各行业节水潜力

水平年	工业			城市公共服务业			居民生活		
	增加值/ 万元	万元增加值 用水量/m ³	节水潜力/ 亿 m ³	增加值/ 万元	万元增加值 用水量/m ³	节水潜力/ 亿 m ³	人口/ 万人	人均生活用水量/ (L·d ⁻¹)	节水潜力/ 亿 m ³
现状年 (2016 年)	7269	6.5		12232	4.7		1191	165.6	
目标年 (2020 年)	9100	6.0	0.455	15860	4.0	1.110	1480	148.0	0.953

参考文献:

- [1] 赵勇,裴源生,陈一鸣.我国城市缺水研究[J].水科学进展,2006(3):389-394. (ZHAO Yong, PEI Yuansheng, CHEN Yiming. Study on city water shortage of China[J]. Advances in Water Science, 2006 (3): 389-394. (in Chinese))
- [2] 童绍玉,周振宇,彭海英.中国水资源短缺的空间格局及缺水类型[J].生态经济,2016,32(7):168-173. (TONG Shaoyu, ZHOU Zhenyu, PENG Haiying. Spatial pattern of scarcity of water and it's shortage types in China[J]. Ecological Economy, 2016, 32(7): 168-173. (in Chinese))
- [3] 梁圆,千怀遂,李明霞,等.广州市供水总量与经济增长及城市化之间的关系探讨[J].水电能源科学,2014,32(1):145-148. (LIANG Yuan, QIAN Huaisui, LI Mingxia, et al. Research of relationship between water supply and economic growth, urbanization of Guangzhou City [J]. Water Resources and Power, 2014, 32(1): 145-148. (in Chinese))
- [4] ZHANG Y, YANG D, TANG H, et al. Analyses of the changing process and influencing factors of water resource utilization in megalopolis of arid area [J]. Water Resources, 2015, 42(5): 712-720.
- [5] HABIBI RAD M, SARKHEIL H, KHOJASTEHPOUR R. Analysing water use efficiency and productivity in Iran's metropolises [J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management, 2018, 172(2): 102-108.
- [6] 宋国君,高文程.中国城市节水潜力评估研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(12):1-7. (SONG Guojun, GAO Wencheng. Evaluation of China's urban water saving potential [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(12): 1-7. (in Chinese))
- [7] 深圳市统计局,国家统计局深圳调查队.深圳统计年鉴:2017[M].北京:中国统计出版社,2017.
- [8] 袁宝招,陆桂华,酈建强.深圳市水资源需求及其调控对策[J].水资源保护,2007,23(2):60-63. (YUAN Baozhao, LU Guihua, LI Jianqiang. Water resources demand and countermeasures for its regulation and control in Shenzhen [J]. Water Resources Protection, 2007, 23(2): 60-63. (in Chinese))
- [9] 文奇.深圳市水环境问题及治理对策研究[D].北京:北京交通大学,2009.
- [10] 章平.产业结构演进中的用水需求研究:以深圳为例[J].技术经济,2010,29(7):65-71. (ZHANG Ping. Empirical study on the water demand during the evolution of industrial structure: evidence from Shenzhen [J]. Technology Economics, 2010, 29(7): 65-71. (in Chinese))
- [11] 叶永权.深圳水资源安全现状及安全保障策略研讨[J].技术与市场,2015,22(1):146-147. (YE Yongquan. Study on the status quo of water resources safety and security assurance in Shenzhen [J]. Technology and Market, 2015, 22(1): 146-147. (in Chinese))
- [12] 张标,刘秀丽.我国用水量变动影响因素的结构分解分析[J].管理评论,2015,27(5):3-8. (ZHANG Biao, LIU Xiuli. Structural decomposition analysis of impacting factors of China's water consumption changes [J]. Management Review, 2015, 27(5): 3-8. (in Chinese))
- [13] 张陈俊,章恒全,陈其勇,等.中国用水量变化的影响因素分析:基于LMDI方法[J].资源科学,2016,38(7):1308-1322. (ZHANG Chenjun, ZHANG Hengquan, CHEN Qiyong, et al. Factors influencing water use changes based on LMDI Methods [J]. Resources Science, 2016, 38(7): 1308-1322. (in Chinese))
- [14] YORK R, ROSA E A, DIETZ T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts [J]. Ecological Economics, 2003, 46(3): 351-365.
- [15] 王康.基于IPAT等式的甘肃省用水影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(6):148-152. (WANG Kang. Analysis of impact factors of water use based on IPAT equation for Gansu Province [J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(6): 148-152. (in Chinese))
- [16] 张礼兵,徐勇俊,金菊良,等.安徽省工业用水量变化影响因素分析[J].水利学报,2014,45(7):837-843. (ZHANG Libing, XU Yongjun, JIN Juliang, et al. Analysis of influence factors of regional industry water use in Anhui Province [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2014, 45(7): 837-843. (in Chinese))
- [17] 庄立,王红瑞,张文新.采用因素分解模型研究京津冀地区用水变化的驱动效应[J].环境科学研究,2016,29(2):290-298. (ZHUANG Li, WANG Hongrui, ZHANG Wenxin. Driving effects analysis of water consumption changes in the Beijing-Tianjin-Hebei Region using a factor decomposition model [J]. Research of Environmental Sciences, 2016, 29(2): 290-298. (in Chinese))
- [18] 刘秀丽,张标.我国水资源利用效率和节水潜力[J].水利水电科技进展,2015,35(3):5-10. (LIU Xiuli, ZHANG Biao. Water use efficiency and water conservation potential in China [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35(3): 5-10. (in Chinese))
- [19] 安玉敏.兰州市需水量预测与节水潜力分析[D].兰州:兰州大学,2016.
- [20] 刘凡,李逸云,李泽文,等.节水潜力预测研究综述[J].水利经济,2018,36(6):41-47. (LIU Fan, LI Yiyun, LI Zewen, et al. Review of prediction of water-saving potentials [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(6): 41-47. (in Chinese))
- [21] 石磊,张芮,董平国,等.干旱缺水地区民勤县水资源持续高效利用措施研究[J].水资源保护,2017,33(4):20-25. (SHI Lei, ZHANG Rui, DONG Pingguo, et al. Research on measures for sustainable and efficient utilization of water resources in Minqin County in arid area with water shortage [J]. Water Resources Protection, 2017, 33(4): 20-25. (in Chinese))
- [22] 向龙,范云柱,刘蔚,等.基于节水优先的水资源配置模式[J].水资源保护,2016,32(2):9-13. (XIANG Long, FAN Yunzhu, LIU Wei, et al. Model of water resources allocation based on idea of giving priority to water-saving [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(2): 9-13. (in Chinese))

(收稿日期:2018-12-19 编辑:熊水斌)